

TEKNO SIM 2009

Yogyakarta, 12 November 2009

Simulasi dan Rancangbangun Kursi Roda Elektrik dengan Mekanisme Roda Gigi Lurus

Rafiuddin Syam

Department of Mechanical Engineering

Hasanuddin University

Kampus Unhas Tamalanrea, Jl. P. Kemerdekaan Km 10 Makassar 90245

Phone: +62-411-588400, FAX: +62-411-586015,

E-mail: rafiuddin@unhas.ac.id

Intisari

Dalam penelitian ini penulis memfokuskan pada simulasi dan rancangbangun kursi roda elektrik untuk lansia dan handicap dengan menggunakan transmisi roda gigi lurus. Kursi roda elektrik dengan jenis autonavigation merupakan bagian dari mobile robot sederhana. Pada bagian ilmu kesehatan, kursi roda merupakan bagian welfare system yang bertujuan untuk membantu manusia dengan kondisi handicap atau lansia. Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah membuat simulasi untuk kursi roda elektrik pada algoritma kendali kinematik dengan menggunakan perangkat lunak Matlab 7.0. Selain itu untuk merancang dan membuat model kursi roda elektrik (Electric Powered Wheelchair) sebagai alat bantu untuk lansia dan para penyandang cacat. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi dan pembuatan model kursi roda elektrik. Simulasi pada sistem ini menggunakan Matlab 7.0. Sedangkan perancangan teknik kendali untuk kursi roda menggunakan metode Proportional-Integral (PI) kendali, sebagai sistem kendali. Sedangkan untuk sistem transmisi menggunakan sistem transmisi roda gigi lurus dengan teknik menaikkan torsi pada bagian luaran sistem. Kursi roda elektrik sebagai mobile robot dibuat dengan menggunakan dua aktuator Motor DC 12 Volt yang independent. Dari hasil penelitian ini diperoleh sistem kendali PI dengan dua gain yang berbeda, dimana keefektifan kedua gain diperlihatkan cukup baik. Hal ini diperlihatkan dalam simulasi dengan menggunakan Matlab. Sedangkan penggunaan transmisi roda gigilurus dengan mengurangi kecepatan sudut namun mampu menaikkan torsi yang cukup signifikan.

kata kunci: simulasi Matlab, mobile robot, kursi roda elektrik, sistem kontrol, roda gigi lurus

Pendahuluan

Kursi roda elektrik sangat penting untuk penderita cacat tubuh bagian bawah dan para lanjut usia. Kursi roda ini merupakan robot medis yang berfungsi sebagai alat bantu untuk penderita lumpuh dan lanjut usia (lansia). Dari data hasil sensus yang dilakukan oleh Departemen Sosial Republik Indonesia, jumlah lansia (penduduk yang berusia 60 tahun ke atas) pada tahun 2004 mencapai 16,5 juta jiwa sedangkan pada tahun 2005 menjadi 17,6 juta jiwa (M.Abd_M, 2008)

Sensus juga dilakukan oleh *United State Bureau of Census* 1993, populasi lanjut usia di Indonesia diproyeksikan antara tahun 1990-2023 akan naik 414%, suatu angka tertinggi di seluruh dunia. Dan pada tahun 2020 Indonesia diperkirakan akan menempati urutan ke-4 jumlah lanjut usia paling banyak sesudah Cina, India dan Amerika Serikat (Anonim, 2006). Diharapkan bahwa karya teknologi kursi roda elektrik ini dapat mengantisipasi meningkatnya jumlah pasien lanjut usia dan handicap yang memerlukan bantuan dan perawatan medis.

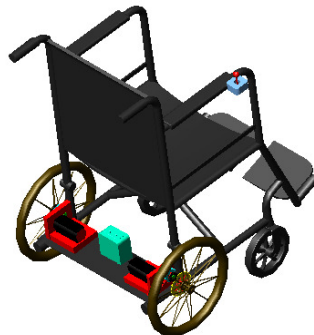
Dalam hal penelitian tentang kursi roda, para peneliti bidang robotika mengklasifikasikan ke bidang mobile robot. Dimana robot kursi roda merupakan robot medis yang berfungsi sebagai alat bantu untuk penderita lumpuh dan lanjut usia (lansia). Di *National Institute for Rehabilitation Engineering (NIRE)* para peneliti telah menguji coba beberapa desain kursi roda dari tahun 1967 sampai 1996 dan juga mempelopori pengembangan dan penggunaan kursi roda yang dapat digunakan untuk menaiki dan menuruni tangga. *Stair-Climbing power wheelchair* atau kursi roda yang dapat menaiki dan menuruni tangga telah mereka kembangkan selama tiga puluh tahun, akan tetapi pengembang dan pabrikan belum mampu menjual banyak produk ini. Selain itu *NIRE* juga meneliti sistem navigasi kursi roda demi keselamatan para pengguna.



Kebanyakan kursi roda dikendalikan semata-mata oleh pemakai, namun para peneliti di NIRE telah membuat kursi roda dengan sistem kontrol komputer yang dapat dikendalikan melalui komputer dan memiliki sistem autopilot serta sensor yang dilengkapi giroskop untuk memonitor keadaan permukaan jalan. Menurut teori, kursi roda ini lebih mudah dan aman digunakan, akan tetapi pada prakteknya kursi roda ini kadang lebih berbahaya, kecelakaan yang serius sering diakibatkan oleh kegagalan sistem komputer kursi roda, selain itu kondisi baterai harus penuh sebelum digunakan, untuk menghindari kursi roda berhenti secara otomatis di tengah jalan atau di luar rumah (anonym, 2003).

Penelitian lainnya mengenai kursi roda yang dilakukan oleh Jauhar Wayunindho, yaitu menciptakan kursi roda listrik yang dikendalikan dengan gerakan mata, sehingga orang yang lumpuh total mudah untuk menggunakannya. Kursi roda ini menjadikan posisi retina mata pemakai sebagai pengganti joystick untuk mengendalikan kecepatan dan arah kursi roda itu. Gerakan mata yang melirik itu akan ditangkap sebagai sinyal listrik, kemudian diterjemahkan ke dalam *signal conditioning* (sinyal pengkondisian) melalui sensor yang terhubung dengan *microcontroller* dan motor penggerak di bawah kursi roda (anonim, 2008).

Namun penelitian tentang transmisi roda gigi lurus pada kursi roda masih sangat sedikit, sehingga penulis memilih judul yang bertemakan kursi roda sebagai *mobile robot*. Adapun inisiatif penulis memilih judul juga diinspirasi dari ketertarikan penulis dengan hal-hal yang berkaitan dengan aplikasi robot, khususnya aplikasi dalam bidang *mobile robot*. Selain dari pada itu *mobile robot* yang digerakkan dengan mekanisme roda lebih mudah dibuat dibandingkan dengan robot manipulator ataupun robot berkaki serta tersedianya kursi roda yang akan dijadikan sebagai alat eksperimen. Adapun alasan penulis memilih roda gigi sebagai mekanisme penggerak *mobile robot* karena roda gigi lebih ringkas, mempunyai putaran yang lebih tinggi dan tepat serta daya yang dihasilkan lebih besar. Dalam penentuan jenis roda gigi penulis memilih roda gigi lurus karena roda gigi lurus merupakan roda gigi paling dasar dibandingkan dengan jenis roda gigi yang lainnya. Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah untuk merancang sistem kontrol untuk kursi roda elektrik (*Electric Powered Wheelchair*) sebagai alat bantu untuk lansia dan para penyandang cacat. Selain itu membuat simulasi program kinematik control dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB 7.0.



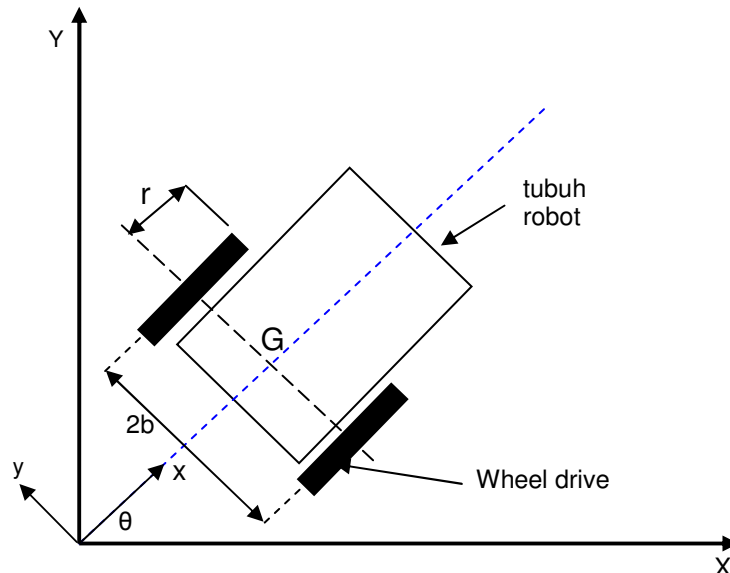
Gambar 1. Response untuk $K_i = 0.01$

Kursi Roda Elektrik sebagai *Mobile Robot*

Pada gambar dibawah ini terlihat bahwa θ sudut arah hadap *mobile robot*, terhadap sumbu x , dengan jarak $2b$ dan r adalah jari-jari roda penggerak. Gerakan *mobile robot* diasumsikan bergerak dalam kawasan sumbu XY saja tanpa memperhatikan medan yang tidak rata seperti jalan yang naik turun yang dapat menjadi unsur sumbu Z .

Persamaan umum *mobile robot* sistem *nonholonomic* menurut aturan Euler-Lagrange, jika q adalah sistem koordinat umum robot dan $M(q)$ adalah matriks simetris $n \times n$, $C(q, \dot{q})$ adalah matriks yang terkait dengan efek coriolis dan sentrifugal, $G(q)$ adalah vektor gaya gravitasi, $B(q)$ adalah $n \times r$ dimensi matriks pemetaan ruang aktuator terhadap koordinat ruang keseluruhan, τ adalah r -dimensi vektor dari gaya/torsi aktuator, λ adalah faktor pengali dari Lagrange dengan vektor posisi, kecepatan dan percepatan *mobile robot* didefinisikan sebagai berikut [4]:

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = B(q)\tau + J^T(q)\lambda \quad (1)$$



Gambar 2. Mobile Robot pada koordinat X-Y

dengan vektor posisi, kecepatan dan percepatan *mobile robot* didefinisikan sebagai berikut:

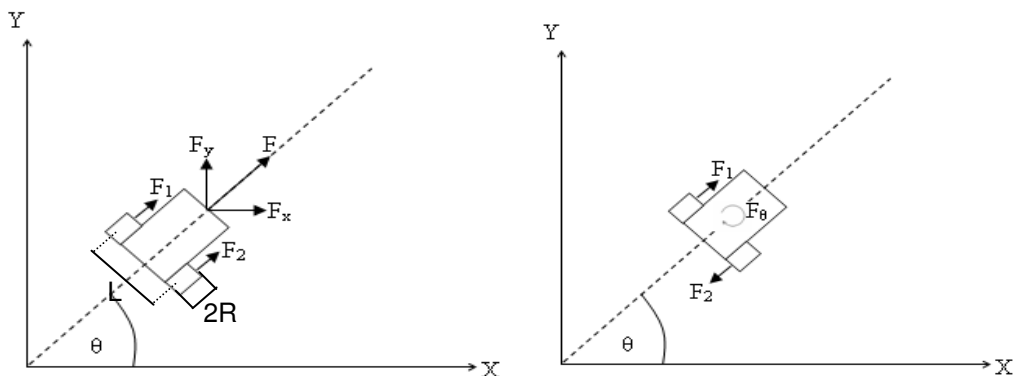
$$q = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}; \quad \dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \text{ dan } \ddot{q} = \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} \quad (2)$$

menurut Hukum Newton II, hubungan massa (m), percepatan (a) dan gaya (F) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = m \cdot a \quad (3)$$

sedangkan keseimbangan rotasi dari Hukum Newton II, dapat dituliskan:

$$\tau = I \cdot \alpha \quad (4)$$



a. gerak linear

b. gerak rotasi

Gambar 3. Gaya yang terjadi pada mobile robot

$$F_1 = \frac{\tau_1}{R} \text{ dan } F_2 = \frac{\tau_2}{R} \quad (5)$$

sedangkan $F_{(\theta)}$ dapat diperoleh dengan memperhatikan gambar (3) yaitu:

$$F_{(\theta)} = F_1 - F_2 \quad (6)$$

dimana:

$$F_1 = \frac{\tau_1}{R} \text{ dan } F_2 = \frac{\tau_2}{R} \quad (7)$$

sehingga

$$\begin{aligned} F_{(\theta)} &= \frac{\tau_1}{R} - \frac{\tau_2}{R} \\ &= (\tau_1 - \tau_2) \cdot \frac{1}{R} \end{aligned} \quad (8)$$

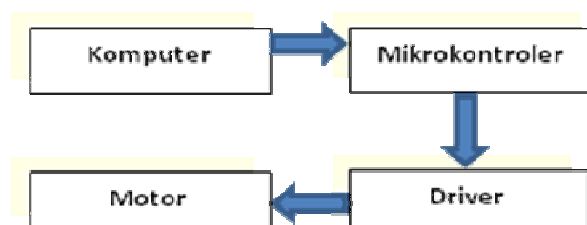
jika persamaan (9), (10) dan (13) ditransformasikan ke dalam bentuk matriks maka didapat:

$$B(q)\tau = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos \theta \\ \sin \theta & \sin \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

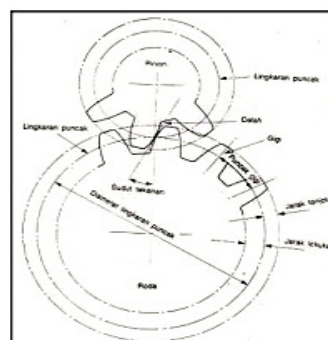
Pembahasan.

1. Komputer sebagai sumber logic dan sistem kendali kursi roda elektrik

Pada gambar di bawah ini dijelaskan komponen penggerak kursi roda dimana komputer mengirim instruksi ke *microcontroller* sesuai dengan gerakan yang diinginkan pada kursi roda. Sinyal tersebut akan diteruskan ke *driver* untuk selanjutnya menggerakkan motor.



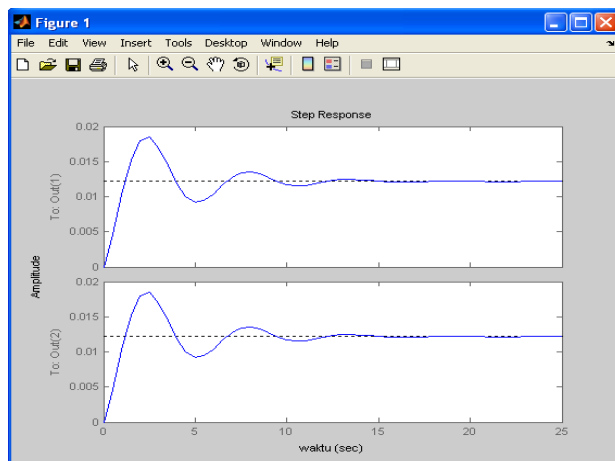
Gambar 4. Diagram blok untuk sistem autonavigasi kursi roda elektrik



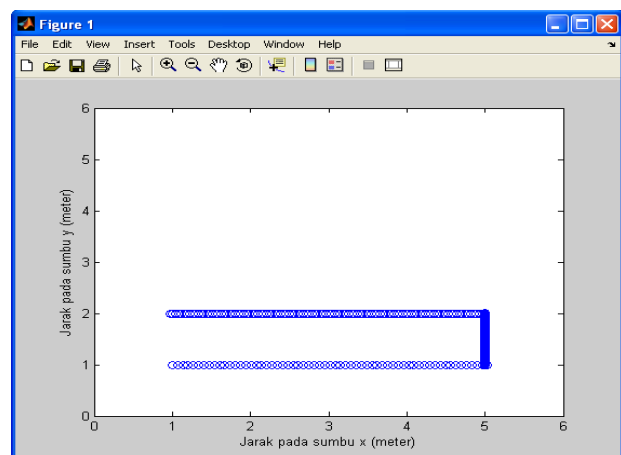
Gambar 5. Roda Gigi Lurus, pinion dan roda gigi

Simulasi Kursi Roda Elektrik

Pada bagian ini penulis menggunakan MATLAB ver 7.0 untuk membuat program simulasi *mobile robot* dengan *controller* proporsional integral. Simulasi digunakan untuk memudahkan penentuan nilai penguatan proporsional dan integral agar dicapai kestabilan pada *controller* sehingga kita dapat memprediksi tingkah laku dalam sistem. Penulis menggunakan MATLAB karena merupakan sebuah program untuk analisis dan komputasi numerik, Penggunaanya juga cukup mudah disbanding perangkat lunak pemrograman yang lain dan paling efisien untuk perhitungan numerik berbasis matriks. Simulasi dilakukan dengan beban sebesar 60 kg, selang waktu kontrol 0.05 detik, penguatan proporsional 0.4 dengan variasi penguatan integral 0.09 dan 0.01. Pada simulasi penulis menggunakan pendekatan grafik untuk mendapatkan nilai yang terbaik.



a. Response untuk $K_i = 0.01$



b. Response untuk $K_i = 0.01$

Gambar 4. Trajectory untuk beberapa pada Simulasi



Gambar 5. Kursi Roda Elektrik

Kesimpulan dan Pekerjaan Lanjutan

Dari hasil analisa data dan pembahasan pada bagian sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kontrol yang digunakan merupakan sistem kontrol otomatis, Dimana kedua roda penggerak dikontrol secara terpisah melalui komputer atau stik kontrol.

2. Dari hasil simulasi dengan perangkat lunak MATLAB 7.0 diperoleh nilai K_p dan K_i yaitu 0.4 dan 0.01 dengan selang waktu kontrol 0.5 detik.
3. Mekanisme penggerak menggunakan roda gigi sehingga pemeliharaan lebih mudah dan tahan lama serta mempunyai efisiensi tinggi.
4. Untuk mendapatkan kecepatan ideal dilakukan pemilihan pasangan ukuran roda gigi yang sesuai yang banyak terdapat di pasaran.

Selanjutnya model yang ergonomis untuk kursi roda ini menjadi bahan pertimbangan untuk pekerjaan selanjutnya.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada *Mechatronics and Robotics Research Group*, Pusat Kegiatan Penelitian Universitas Hasanuddin dan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unhas

Daftar Pustaka

- Anonim, 2003. *Power Wheelchairs and User Safety*, The National Institute for Rehabilitation Engineering, www.warwick.com.
- Anonim, 2006. *Pertambahan Jumlah Lanjut Usia Indonesia Terpesat di Dunia*. Kompas. <http://www.kompas.com/health/news/0203/26/011528.htm>.
- Anonim, 2008. *Mahasiswa ITS Ciptakan Kursi Roda Bersensor Retina Mata*. <http://www.kapanlagi.com/h/0000219728.html>.
- Bonita Sawatzky, 2002. *Wheeling in the New Millennium: The history of the wheelchair and the driving forces in wheelchair design today*. Department of Rehabilitation Science and Technology, <http://www.wheelchairnet.org/index.html>.
- M.Abd_M, 2008. *Jumlah Lanjut Usia di Indonesia*. Depsos RI. <http://www.depsos.go.id/modules.php?name=News&file=article&sid=701>

